

5

10 L'invention concerne un dispositif terminal-antenne d'émission /
réception de données vers des satellites défilant en orbite basse terrestre.

Le dispositif terminal-antenne est destiné à être inséré au sein d'un
ensemble de transmission de données à haut débit de et vers une constellation
de satellites, à usage public ou privé, civil ou militaire.

15 Une telle constellation comprend un grand nombre de satellites
défilants placés en orbite basse ou moyenne autour de la Terre. Dans une
configuration classique, l'altitude est de 800 à 1500 km, et les satellites sont
régulièrement espacés angulairement sur une série de plans orbitaux, avec par
exemple huit satellites échelonnés sur chaque orbite à 45° d'écart les uns des
20 autres, et huit plans orbitaux très inclinés entourant la Terre, de manière à ce
que tout point du globe soit en permanence en vue d'au moins deux sinon trois
de ces satellites. Le choix d'une orbite basse pour les satellites est motivé par
un besoin de forte interactivité, non compatible avec les temps de propagation
via l'orbite géostationnaire vers une station centralisatrice d'accès aux réseaux,
25 et de débit de données élevé, et donc de puissance reçue par les récepteurs
importante. Ce choix entraîne par contre le défilement rapide des satellites, un
satellite placé sur une orbite à 1500 km ne restant en vue d'un point au sol que
10 minutes environ.

Dans le but de réduire le nombre de satellites assurant la continuité
30 des communications avec les terminaux sol, il est nécessaire audits terminaux
de pouvoir suivre les satellites le plus longtemps possible, donc autant que

possible jusqu'à l'horizon. Une deuxième condition pour ces terminaux est de pouvoir basculer très rapidement le flux de communications d'un satellite arrivant à l'horizon vers un autre satellite plus en vue. Enfin, le gain de l'antenne doit être de l'ordre de 30 dBi pour les faisceaux émission et réception.

5 Des solutions ont été envisagées pour ce problème. Une première solution consiste à utiliser une antenne à balayage électronique, mais le domaine angulaire à couvrir étant très large (azimut de 0 à 360°, élévation de 10 à 90°), cette solution implique un nombre d'éléments actifs prohibitif : déphaseurs, amplificateurs faible bruit en réception et de puissance en
10 émission, placés entre les éléments rayonnants et les déphaseurs pour couvrir leurs pertes ainsi que celles des diviseurs/combineurs. Leur coût est donc beaucoup trop élevé.

Une autre solution, issue du domaine militaire, permettant le suivi de plusieurs cibles mobiles trans-horizon est exposée dans le brevet US 3755 815,
15 également présentée dans Microwave Journal (oct. 75, pp. 31-34). Elle consiste à utiliser un réseau d'éléments actifs émetteurs associé à une lentille dôme en matériau diélectrique, permettant la déflexion du faisceau jusqu'à l'horizon et au delà. Cette solution a pour inconvénient majeur d'être très chère à fabriquer du fait d'un besoin d'un réseau de plusieurs centaines d'éléments
20 actifs.

D'autres moyens de déflexion de faisceau radio par utilisation de lentille diélectrique ou de lentille en guide d'ondes sont connus et par exemple exposés dans le « Lo and Lee - Antenna Handbook », mais leur technologie les limite à des angles de déflexion faibles, d'environ 10° autour de l'axe de la
25 lentille, et sans suivi de cible.

On connaît encore dans le domaine des antennes micro-ondes (voir demande PCT WO 88 09066), des antennes comportant une antenne réseau plane, associée à une lentille micro-onde focalisante, et à une source cornet positionnable sur une portion de sphère focale, en fonction de la direction
30 désirée du faisceau. Ces antennes présentent l'inconvénient que la surface rayonnante étant un réseau plein, la directivité de l'antenne diminue

drastiquement aux faibles élévations (environ -7,6dB pour une élévation de 10°), alors que l'on recherche ici une directivité constante.

L'invention vise donc un dispositif simple, compact et bon marché à fabriquer, permettant le maintien de communications à haut débit de et vers
5 une constellation de satellites défilants.

L'invention propose à cet effet une antenne d'émission / réception de signaux radioélectriques de et vers au moins un système émetteur / récepteur distant évoluant dans l'espace visible par rapport à ladite antenne, comportant une lentille focalisante d'ondes quasi-planes émises par ledit émetteur /
10 récepteur distant, ayant une sphère focale S, au moins une source primaire d'émission / réception des signaux sous forme de faisceaux d'ondes quasi-sphériques, mobile sur une portion de la sphère S ;

caractérisée en ce qu'elle comporte :

a) une lentille défectrice des ondes quasi-planes émises ou reçues
15 par l'émetteur / récepteur distant ;

b) un moyen d'asservissement de la position de chaque source primaire d'émission / réception en relation avec la position connue d'un émetteur / récepteur distant.

Une telle combinaison de lentille focalisante et de lentille défectrice
20 permet d'obtenir la création d'un faisceau d'ondes planes et la déflexion de ce faisceau presque jusqu'à l'horizon, ledit faisceau étant émis ou capté par une source primaire d'émission / réception positionnée en un point de la sphère focale de la lentille focalisante correspondant à la position du satellite à chaque instant.

L'invention vise plus particulièrement un terminal-antenne d'émission
25 / réception de signaux radioélectriques de et vers au moins deux systèmes émetteurs / récepteurs distants évoluant en des points différents de l'espace visible relativement audit dispositif, caractérisé en ce qu'il comporte :

a) un moyen de détermination de la position à un instant donné
30 desdits émetteurs / récepteurs distants en vue ;

b) un moyen de choix d'un émetteur / récepteur distant ;

c) une antenne selon la description précédente, comportant au moins deux sources primaires d'émission / réception ;

d) un moyen de pilotage des déplacements des sources primaires d'émission / réception sur la sphère focale S adapté à éviter que les sources
5 primaires ne viennent en collision ;

e) un moyen de commutation entre les sources primaires.

On atteint bien ainsi le maintien continu du transfert de données avec une constellation de satellites défilants. La réduction du nombre de sources primaires d'émission / réception à deux seulement entraîne une
10 réduction importante du coût global de l'antenne. Par ailleurs, la taille du dispositif dans cette configuration est nettement inférieure à celle de la solution à deux antennes Cassegrain. On obtient ainsi un outil nettement plus simple que les dispositifs antérieurs, installable sur le toit d'une maison de façon classique, à un coût de fabrication réduit, ce type d'antenne devenant donc
15 accessible à des particuliers.

Selon un mode particulier de réalisation, les sources primaires d'émission / réception de signaux sous forme de faisceaux d'ondes quasi-sphériques prennent la forme d'antennes cornets mobiles sur une portion de la sphère focale de la lentille focalisante.

20 Selon une mise en œuvre préférée, les sources primaires d'émission / réception sont rendues mobiles chacune par l'action d'un couple de moteurs azimuth / inclinaison.

Ces dispositions contribuent à un coût de fabrication réduit par l'utilisation de composants classiques et d'un montage mécanique simple.

25 Selon une forme préférée de réalisation, la lentille focalisante d'ondes quasi-planes en ondes quasi-sphériques est réalisée sous la forme d'une lentille convergente multifocale présentant un large domaine de balayage.

De façon plus particulière, le domaine de balayage est supérieur à
30 30° par rapport à l'axe de symétrie de révolution de la lentille focalisante par

déplacement des sources primaires d'émission / réception d'ondes sur sa sphère focale.

Cette disposition permet d'atteindre un large domaine de balayage avec une technologie simple.

- 5 Selon une variante préférée, la lentille focalisante est réalisée sous la forme d'une lentille diélectrique convexe. Dans une variante avantageuse, cette lentille focalisante est réalisée sous la forme d'une lentille en guide d'ondes concave.

- 10 Ces modes de réalisation de la lentille focalisante à base de matériaux courants bon marché participent encore à une réduction du coût du dispositif, par opposition aux réseaux de composants actifs utilisés dans certaines solutions antérieures.

- 15 Selon un mode de réalisation préféré, la lentille défléchitrice des ondes quasi-planes prend la forme d'une lentille dôme en diélectrique. Plus précisément, cette lentille dôme présente un profil moyen généralement hémisphérique.

Ce mode de réalisation conduit à la fois à une capacité de déflexion des faisceaux presque jusqu'à l'horizon, et constitue par ailleurs un radôme protecteur pour l'antenne.

- 20 Selon un mode de réalisation préféré, l'une au moins des lentilles comporte une couche d'adaptation (correspondant à un quart de longueur d'onde). Cette couche d'adaptation se compose préférentiellement d'un diélectrique d'indice égal à la racine carrée de l'indice du diélectrique de la lentille. Selon une variante avantageuse, la couche d'adaptation présente une
25 épaisseur égale au quart de la longueur d'onde utilisée, percée d'une pluralité de trous borgnes.

Cette couche d'adaptation a pour effet de réduire les pertes et couplages générés par les phénomènes de réflexion à la surface des lentilles diélectriques.

- 30 La description et les dessins d'un mode préféré de réalisation de l'invention, donnés ci-après, permettront de mieux comprendre les buts et

avantages de l'invention. Il est clair que cette description est donnée à titre d'exemple, et n'a pas de caractère limitatif. Dans les figures :

- la figure 1 représente schématiquement un terminal-antenne selon l'invention, ainsi que les éléments du système de transmission de données satellitaire au sein duquel il s'intègre ;
- la figure 2 représente plus précisément les principaux éléments constitutifs d'une antenne selon l'invention ;
- la figure 3 schématise un mode de réalisation d'un système mécanique de déplacement des sources primaires d'émission / réception sur une portion de la sphère focale S de la lentille focalisante ;
- la figure 4 montre le montage préféré de l'électronique de basculement des signaux des sources primaires d'émission / réception,
- la figure 5 montre une variante de ce même montage ;
- les figures 6 à 8 montrent des vues en coupe de trois variantes de lentille focalisante ;
- la figure 9 schématise une variante de forme hyperboloïde de la lentille défléctrice ; et
- la figure 10 illustre une variante de montage mécanique de support des sources mobiles.

La figure 1 montre une antenne 1 en vue de deux satellites 2, 3 défilant sur une orbite 4 autour de la Terre 5. Les orbites des satellites sont déterministes et connues longtemps à l'avance. Il apparaît cependant des dérives (limitées à environ $\pm 0,5^\circ$) liées à la traînée atmosphérique résiduelle, à la pression de radiation solaire ou au contrôle d'attitude, qui sont corrigées à intervalles réguliers par les moteurs du satellite. Ces satellites sont dotés d'antennes de réception ainsi que d'antennes d'émission 6, 7 émettant des signaux en forte puissance dans des faisceaux directs 8, 9.

Un particulier ou une entreprise utilisant le système de transmission de données est doté d'un terminal-antenne comportant d'une part une antenne 1, installée de façon fixe par exemple sur le toit comme une antenne satellitaire TV classique. Ce terminal-antenne comporte par ailleurs une électronique de

contrôle 10 assurant le suivi des satellites, l'émission et la réception des signaux radioélectriques, et le décodage des informations cryptées pour lesquelles l'utilisateur dispose d'une habilitation (abonnement). Le terminal-antenne est également relié à un ordinateur 11 de type micro-ordinateur PC, 5 comportant un dispositif de mémoire non détaillé, un clavier 12 et un écran 13. Le dispositif de mémoire du micro-ordinateur comporte un enregistrement des informations caractérisant les orbites des satellites (éphémérides), et un logiciel permettant de calculer à un instant donné, en fonction de ces informations d'orbite et de la localisation géographique du terminal antenne (longitude, 10 latitude), quels satellites sont en vue et sous quels angles géographiques locaux (azimut, élévation).

Le terminal-antenne 1, 10 est également relié dans cette réalisation à un téléviseur 14 pour la réception d'émission sur commande, ledit téléviseur pouvant être doté d'une caméra 15 permettant des applications de 15 visioconférence, ainsi qu'à un téléphone 16 et un fax non représenté. Les différents appareils nécessitant le transfert de données via le terminal-antenne sont branchés sur un boîtier connecteur 17 éventuellement intégré au boîtier 10 contenant l'électronique de contrôle du terminal-antenne.

De façon plus détaillée, l'antenne 1 selon l'invention est illustrée 20 dans la figure 2, et comporte, dans son mode préféré de réalisation, une lentille-dôme 21 permettant la déflexion des faisceaux radio en provenance d'un satellite pouvant être situé en toute direction de l'espace visible local, depuis le zénith et presque jusqu'à l'horizon, vers une lentille focalisante 22 transformant des ondes planes reçues du satellite en ondes sphériques (et 25 réciproquement). L'antenne 1 comporte également deux sources primaires 23, 24 d'émission / réception de faisceaux d'ondes sphériques, un montage mécanique non représenté sur cette figure de positionnement de ces sources primaires d'émission / réception, et une structure mécanique 25 de support de ces éléments. Le dispositif placé sous les sources primaires et les lentilles est 30 incorporé dans un cylindre métallique de protection 26.

La lentille dôme déflectrice 21 est de type connu. Elle se comporte en première approximation comme une lentille optique dans le domaine des hyperfréquences. Sa fonction est la déflexion de faisceaux d'ondes quasi-planes inclinées selon un angle Θ_2 compris entre 0° et 80° à 85° en un
5 faisceaux d'ondes quasi-planes inclinées selon un angle Θ_1 compris entre 0° et 30° à 40° .

Elle est de forme quasi hémisphérique. Une telle lentille-dôme est décrite dans son principe dans « Microwave Journal » d'octobre 1975. Elle est réalisée par moulage de matériau diélectrique hyperfréquence, par exemple un
10 matériau durcissant à chaud possédant un fort pouvoir déflecteur des rayons radios (coefficient ϵ permittivité diélectrique voisin de 10). De tels matériaux incluent le type TMM 10 (« Thermoset Microwave Material », matériau durcissant à chaud) de la famille des « Duroïds™ » produits par la société Rogers Corp, ou le K10 de Emerson & Cummings. Ces matériaux, à base par
15 exemple de matrice en PTFE (PolyTetraFluorEthylène plus connu sous le nom commercial Teflon™) incluant des particules fines en céramique, sont quasiment insensibles à la pluie et aux intempéries, et sont suffisamment rigides pour ne pas être déformés par le vent. Ils peuvent donc remplir la fonction de radôme protecteur de l'ensemble du montage antenne.

20 La précision nécessaire pour la forme obtenue doit être de l'ordre du millimètre, du fait des longueurs d'ondes choisies (quelques centimètres), ce qui rend la fabrication simple car peu exigeante en précision (beaucoup moins que les lentilles d'appareils photographiques).

Le fort pouvoir déflecteur choisi permet de multiplier l'angle de
25 balayage par 2 à 2,7, et donc de balayer pratiquement jusqu'à l'horizon avec des angles de faisceau internes de seulement 30° à 40° . Un pouvoir déflecteur supérieur engendrerait des phénomènes de reflet partiel des signaux en surface, ce qui dégraderait les performances de l'antenne complète. Le rayon intérieur de la lentille hémisphérique est de 25 cm, et son épaisseur varie
30 d'environ 3 à 5 mm au sommet à une épaisseur comprise entre 3 et 7 cm au

bord, selon l'indice du matériau choisi. Le profil extérieur de la lentille dôme est également proche d'une calotte sphérique. Dans l'exemple de réalisation considéré, le radôme a donc un diamètre extérieur d'environ 60 cm, ce qui est une taille comparable avec les antennes paraboliques de réception TV par satellite.

5 La lentille focalisante 22 est également une lentille hyperfréquence de type réalisé en matériau diélectrique. Elle se comporte comme une lentille quasi-optique en première approximation, avec un indice supérieur à 1 (la longueur d'onde dans le diélectrique étant inférieure à la longueur d'onde dans le vide). La géométrie de telles lentilles est donc convexe, elle est décrite dans 10 le « Lo and Lee - Antenna Handbook », par exemple aux pages 16-19 à 16-59. La fonction de cette lentille est la transformation d'un faisceau d'ondes quasi-planes inclinées à un angle compris entre 0 et 35° en un faisceau d'ondes quasi-sphériques d'axe d'inclinaison voisin.

15 Cette lentille multifocale permet d'obtenir un balayage large (30 à 40° autour de l'axe de la lentille) par déplacement de la source primaire (émission et réception). Les lentilles de ce type sont connues dans la littérature pour un balayage de l'ordre de 10°, avec un faisceau très fin, mais l'extrapolation à 30 à 40° ne pose pas de problème particulier, dans la mesure 20 où le gain de la lentille focalisante n'a pas besoin d'être important ici, son faisceau étant beaucoup plus large, sachant qu'il est connu de l'homme de l'art que l'ampleur du balayage possible avec un système focalisant s'exprime en nombre de largeurs de faisceau. Ici encore, une telle lentille est obtenue facilement par moulage d'un matériau de type composite de constante 25 diélectrique forte (ϵ voisin de 10). Pour la même raison de longueur d'onde utilisée de quelques centimètres, la précision de moulage demandée est de l'ordre du millimètre seulement (proportionnelle à la longueur d'onde, qui est beaucoup plus élevée que pour les lentilles fonctionnant dans le spectre visible). Les matériaux composites décrits plus hauts pour la réalisation de la 30 lentille dôme 21 sont également utilisés pour la réalisation de cette lentille

focalisante 22. Le choix d'une lentille diélectrique permet d'obtenir une bande passante large et donc un débit de données important à travers l'antenne.

Le diamètre de la lentille focalisante est d'environ 35 cm pour un diamètre intérieur de la lentille dôme de 50 cm. La lentille focalisante est
5 disposée horizontalement, son centre optique coïncidant avec celui de la lentille dôme hémisphérique. Le rayon de la sphère focale de cette lentille est d'environ 30 à 50 cm, selon les caractéristiques précises des matériaux choisis.

Sur une portion de cette sphère focale (typiquement 35° autour de l'axe de la lentille focalisante) sont disposées de façon mobile deux sources
10 primaires 23, 24 d'émission / réception d'ondes sphériques. Ce sont des antennes cornets de type classique dans la réception satellitaire TV par exemple, pour laquelle des cornets illuminés par des réflecteurs paraboliques sont utilisés.

Les caractéristiques spécifiques des cornets utilisés ici sont liées
15 d'une part à l'angle sous lequel ils voient la lentille focalisante et d'autre part à la longueur d'onde utilisée. En ce qui concerne les débits de données, il faut envisager pour des applications variées couvrant jeu interactif, télétravail, télé-enseignement, vidéo interactive, transmission de données type Internet un volume émis maximum de l'ordre de 1 à 5 Mbps, et un volume reçu maximum
20 un ordre de grandeur supérieur, c'est à dire de 10 à 50 Mbps. Par ailleurs, la position des cornets dans cette application conduit à une ouverture de faisceau de $\pm 30^\circ$. En acceptant une atténuation de -10 à -15 dB aux bords du faisceau, on calcule de façon classique le diamètre de l'embouchure du cornet, 50 à 60 mm de diamètre pour la bande de fréquence utilisée (bande Ku soit 11 à 14,3
25 Ghz).

La figure 3 illustre un montage mécanique simple permettant de remplir la fonction de déplacement des deux cornets sur une portion de sphère, le déplacement des deux cornets étant réalisé de façon indépendante. Ce montage comporte principalement une double couronne concentrique 32, 33 et
30 des balancelles 30, 31 supportant les cornets 23, 24. Pour assurer que la portion de sphère déterminée par les axes de liberté des cornets dans cette

configuration correspond bien à la sphère focale de la lentille focalisante 22, celle-ci est disposée au centre de la double couronne, par un moyen de support mécanique non représenté ici, mais de nature classique.

Dans cette configuration, le premier cornet 23 est mu par un montage « intérieur » au montage supportant l'autre cornet 24. Ce premier cornet 23 est attaché par sa partie haute à une structure de support de type balancelle 30, réalisée en plastique rigide, dont les deux bras sont formés en arc de cercle dans leur partie basse pour éviter de gêner le passage de l'autre balancelle 31 supportant le deuxième cornet 24. La balancelle 30 est attachée selon un axe A à une couronne intérieure 32.

Le déplacement de la balancelle autour de la verticale est réalisé par un moteur d'inclinaison 36, par exemple de type moteur électrique pas à pas, disposé selon l'axe A à l'intérieur de la couronne 32. Ce déplacement permet d'atteindre une inclinaison β_1 , comprise entre -35° et $+35^\circ$. Cette inclinaison est fonction de l'élévation du satellite : elle est nulle pour un satellite situé au zénith du lieu, et est de $+35^\circ$ pour un satellite situé 10° au-dessus de l'horizon du lieu.

La couronne intérieure 32 est mue en rotation par un autre moteur électrique 34, également de type pas à pas, dont l'action permet de déterminer un azimut α_1 compris entre 0° et 360° . Ce moteur est par exemple disposé à l'extérieur des deux couronnes, et entraîne la couronne intérieure en rotation par l'intermédiaire d'une couronne dentée.

On comprend donc que la combinaison des actions des deux moteurs azimut 34, inclinaison 36 permet de placer le premier cornet 23 en tout point choisi sur une calotte de la sphère focale d'angle d'ouverture $\pm 35^\circ$, le cornet restant en permanence pointé vers le centre de la lentille focalisante. Le contrôle des deux moteurs 34, 36 permet de réaliser le suivi d'un satellite défilant, la vitesse de défilement du satellite correspondant à un déplacement du cornet par exemple d'une position d'élévation -35° à une élévation $+35^\circ$ en dix minutes environ.

Le montage pour le second cornet est très similaire à celui décrit plus haut pour le premier cornet. Ce cornet 24 est attaché par sa partie inférieure à une structure balancelle 31, de taille suffisante pour ne pas risquer de gêner le passage de la balancelle intérieure. Cette balancelle est suspendue
5 à une couronne extérieure 33. L'angle d'azimut α_2 de l'antenne 24 est déterminé par l'action d'un moteur d'azimut 37, et l'angle d'inclinaison β_2 est obtenu par l'action d'un moteur d'inclinaison 35 en tous points identiques aux moteurs de positionnement de l'autre antenne.

L'électronique d'asservissement et d'alimentation des moteurs pas à
10 pas azimut / inclinaison des cornets n'est pas décrite ici mais est connue de l'homme de l'art.

En ce qui concerne le montage électronique permettant le basculement entre les deux cornets 23, 24, il est illustré sur la figure 4. Un canal de signal à émettre 42 comportant un amplificateur 46 (technologie
15 «SSPA : Solid State Power Amplifier» : amplificateur état solide de puissance), et un canal de signal reçu 43 comportant un amplificateur 47 (technologie «LNA : Low Noise Amplifier» : amplificateur à faible bruit) sont reliés à un circulateur 41. Ce circulateur de nature connue est un composant passif provoquant la circulation du signal dans un sens donné entre ses trois ports et
20 permettant un découplage émission / réception. Il est par exemple réalisé en ferrite. Ce circulateur 41 est relié à un commutateur 40 de connexion sélective à l'un ou l'autre des cornets. Le commutateur 40 est relié aux cornets par des câbles coaxiaux souples 44, 45. Il est de type connu à base de diode, et commute en moins d'une microseconde entre les deux cornets. Les
25 composants annexes non mentionnés dans cette description, tels qu'alimentation électrique, sont de nature classique dans ce domaine.

Le mode de fonctionnement du dispositif comporte plusieurs phases. La première est l'installation du dispositif. Elle comporte la fixation mécanique de l'antenne sur le toit d'un édifice, en vérifiant les axes horizontaux et
30 l'orientation nord / sud de l'antenne. Ensuite, l'antenne est connectée à son

alimentation, à un micro-ordinateur pilote 11, et aux appareils utilisateurs TV 14, caméra 15, téléphone 16.

Dans la même phase, les éphémérides des satellites de la constellation (paramètres orbitaux de position et vitesse à un instant initial
5 donné) sont entrés en mémoire de l'ordinateur destiné à servir d'hôte et de pilote de l'antenne. Ces données peuvent être fournies sous la forme d'une disquette.

Après entrée de l'heure locale et de la position terrestre du terminal
antenne (latitude, longitude), l'ordinateur peut calculer la position actuelle des
10 satellites de la constellation en fonction du temps écoulé depuis l'instant correspondant aux paramètres orbitaux mémorisés, et comparer ces positions à la zone de visibilité théorique depuis le terminal-antenne. Une procédure de calibration automatique du système est réalisable, avec pointage des 2 cornets
23, 24 sur la position théorique de satellites en vue, suivi pendant quelques
15 instants, et vérification à partir des données acquises du niveau de puissance reçue et émise, de l'orientation spatiale de l'antenne, et de la qualité du suivi. Un diagnostic de corrections à apporter à l'installation est réalisé automatiquement en fonction de ces données de calibration.

Dans la phase d'utilisation courante, lorsque l'utilisateur met le
20 système en marche (ordinateur en marche et alimentation de l'antenne), le logiciel de pilotage calcule la position des satellites à cette heure, et détermine donc quels satellites sont en vue à ce moment depuis cette position du globe. A partir des coordonnées du satellite le plus haut sur l'horizon, l'ordinateur 11 calcule la position correspondante que doit prendre un cornet sur la sphère
25 focale de la lentille focalisante, envoie les ordres de mouvement aux moteurs pas à pas de déplacement de ce cornet, et connecte sélectivement ce cornet, correspondant au satellite le plus en vue, à l'électronique d'émission et de réception. La transmission et la réception des données sont alors possibles.

De façon continue, l'ordinateur calcule alors les mouvements
30 correctifs à apporter à la position du cornet utilisé pour suivre le satellite, et pilote les moteurs de position en conséquence. La précision de positionnement

requis pour un suivi régulier des satellites est déterminée par la largeur du lobe principal de l'antenne, et le taux d'atténuation acceptable du signal avant déplacement de ladite antenne. Dans le cas présent, une ouverture du lobe de 5° et une perte de signal acceptable de 0,3 dB conduisent à une précision de pointage de 0,75° du cornet par les moteurs, ce qui correspond pour une sphère focale de 50 cm de rayon à une précision de positionnement de 0,65 cm. Un suivi de satellite défilant en orbite basse conduit alors à un déplacement de 0,65 cm du cornet toutes les 6 secondes environ. Lors du suivi d'un satellite, le cornet assurant le flux de communications est prioritaire en déplacement sur l'autre cornet, le logiciel assurant à tout instant qu'aucune collision ne se produit en déplaçant au besoin le second cornet hors de la route du premier.

Suivant un critère d'élévation du satellite inférieure à 10° (satellite s'approchant de l'horizon), ou de baisse anormale du signal reçu (prise en compte d'arbres, de collines ou autres obstacles locaux, permanents ou non, ou passage dans la bande proche de l'arc géostationnaire, dans laquelle un brouillage par ou vers les satellites géostationnaires oblige à interrompre la liaison), l'ordinateur détermine le second satellite le plus en vue, et positionne le second cornet de façon correspondante à cette position. Puis la connexion sélective de ce cornet est réalisée et la poursuite de ce satellite est effectuée. Le temps de commutation entre les deux antennes cornets, de 1 microseconde dans la réalisation présentée, entraîne, pour un volume de données transmises de 1 Mbps à 50 Mbps au maximum, une perte de données correspondant à environ 1 à 50 bits. La reconstitution des données perdues est réalisée par utilisation de codes correcteurs d'erreurs transmis avec le signal.

La remise à jour des éphémérides peut être réalisée soit par entrée d'une disquette contenant les nouvelles données, soit par téléchargement par le réseau satellitaire lui-même, sur requête automatique du terminal.

Comme on l'a vu dans la description, les moteurs utilisés dans ce montage sont de puissance adaptée au déplacement d'une masse faible, inférieure au kg, ce qui permet l'utilisation de moteurs peu onéreux, très

classiques dans le commerce. Ceci est un avantage par rapport à la solution de suivi de satellites utilisant deux antennes Cassegrain, pour laquelle les moteurs doivent être adaptés au positionnement précis de masse de quelques kg, et sont donc plus chers.

- 5 Les niveaux de précision requis sur le positionnement de l'antenne d'une part et le temps entre deux mouvements d'autre part garantissent qu'un montage mécanique classique et une électronique simple peuvent atteindre ces niveaux. On voit donc que la solution choisie est économique à fabriquer.

- 10 La mise en œuvre telle qu'elle a été décrite fournit à la fois un dispositif de faible coût, les différents composants étant de type connu ou de spécifications de fabrication peu exigeantes, et un dispositif compact.

- Il est à noter que le dispositif tel que décrit possède une symétrie de révolution autour de son axe vertical, avec une prise au vent indifférente à la direction du vent et un coefficient de traînée faible du fait du choix de géométries cylindriques et hémisphériques, ce qui représente un avantage par rapport aux antennes classiques sans radôme, pour lesquelles se posent des problèmes de mouvements entretenus lors de vent en rafales.

Dans une variante de réalisation de la lentille focalisante 22, un matériau quartz-silice est utilisé pour sa fabrication.

- 20 Dans une autre variante, le montage électronique permettant le basculement entre les deux cornets 23, 24, est remplacé par un montage illustré sur la figure 5. Dans ce montage, chaque cornet 23, 24 comporte un circulateur 41', 41'' auquel sont reliés directement des modules d'amplification sur les signaux d'émission 46', 46'' et de réception 47', 47''. Les amplificateurs de signaux d'émission des deux sources primaires sont reliés par deux câbles coaxiaux 45', 44' à un dispositif de connexion sélective 40' auquel parvient le signal à émettre par un canal 42. De même, les amplificateurs à faible bruit des signaux reçus sont reliés par des câbles coaxiaux 45'', 44'' à un dispositif de connexion sélective 40'' auquel est relié un canal 43 de signal reçu.

- 30 Cette disposition est destinée à réduire l'impact des pertes de signal se produisant dans les câbles coaxiaux souples, et estimées à 1 dB dans

chaque câble de 0,5 m de longueur environ. Cette variante présente un coût supérieur par la duplication des amplificateurs, mais permet à puissance d'amplificateur égale, d'améliorer la Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente (PIRE) de 1 dB environ, et le facteur de mérite en réception (G/T) d'environ 2
5 dB. A performances de l'antenne égales, ceci permet une réduction des dimensions de la lentille focalisante et de la lentille dôme, donc de toute l'antenne.

La lentille focalisante 22 réalisée en diélectrique peut être remplacée par d'autres lentilles remplissant la même fonction. De telles variantes sont
10 illustrées sur les figures 6 à 8. Comme on le voit figure 6, une première variante consiste à « zoner » l'antenne diélectrique, c'est à dire à enlever des épaisseurs de matériau de sorte que le retard de phase reste constant (à un multiple de 360° près) avant et après zonage. Dans cette figure, deux bords 51, 52 correspondant à l'enlèvement de zones 53, 54 ont été réalisées, permettant
15 ainsi de réduire le volume et la masse de la lentille. Cette technique de zonage présente l'inconvénient de créer des baisses de performance dues aux reflets sur les bords du zonage, et le nombre de décrochages du profil de la lentille doit donc être autant que possible réduit.

Une seconde variante de lentille focalisante, présentée figure 7,
20 consiste à remplacer le matériau diélectrique par une lentille en guide d'onde 22'', éventuellement zonée (antenne 22'' présentant un décrochement 51, illustrée sur la figure 8). Ces lentilles en guide d'onde sont du domaine connu. Leur principe est de synthétiser une lentille d'indice inférieur à 1 (car la longueur d'onde dans le guide d'onde est supérieure à la longueur d'onde dans
25 le vide), et donc devant être de courbure inverse de celle des lentilles diélectriques, à focalisation équivalente. On a donc ici une lentille concave. Cette option présente l'inconvénient de fournir une bande passante moins large qu'une lentille diélectrique, mais présente un coût de fabrication moindre, la lentille étant par exemple fabriquée par formage d'un bloc d'aluminium selon la
30 concavité souhaitée et simple perçage dans ce bloc d'une série de trous parallèles disposés en quinconce.

Pour les lentilles diélectriques, il peut être nécessaire de réduire les réflexions aux interfaces diélectrique / air si l'on veut améliorer les performances de l'antenne. Une couche d'adaptation d'une épaisseur d'un quart de longueur d'onde peut alors avantageusement être ménagée. Elle est
5 avantageusement réalisée par exemple sous la forme d'un revêtement en diélectrique d'indice égal à la racine carrée de l'indice du diélectrique \sqrt{n} . Une autre variante consiste à percer sur une épaisseur d'un quart de longueur d'onde une pluralité de trous borgnes, en densité telle que la moyenne de
10 l'indice du diélectrique restant et de l'indice de l'air dans les trous équivaille à un indice égal à la racine carrée de l'indice du diélectrique \sqrt{n} . Cette méthode, qui revient à « simuler » un diélectrique de permittivité déterminée, est classique.

Dans la description, une lentille déflectrice en forme de dôme hémisphérique a été mentionnée, ce qui est le mode le plus classique. Une
15 variante d'exécution consiste à utiliser une géométrie hyperboloïde ou paraboloïde de courte focale, comme illustré sur la figure 9. Dans cette figure, on voit une lentille déflectrice en forme de dôme hyperboloïde 21, une lentille focalisante 22, la lentille dôme étant ici zonée (décrochage 61 visible sur la figure). Ceci autorise une augmentation de la surface éclairée aux angles
20 d'inclinaison forts (élévation faible du satellite sur l'horizon), et permet donc de compenser une baisse de gain de la lentille focalisante dans ces conditions. Une lentille dôme de 35 à 40 cm de hauteur permet alors d'obtenir une surface rayonnante utile équivalente à un disque de 30 cm de diamètre.

Dans une variante relative à la méthode de suivi des satellites, une
25 technique active remplace la technique passive décrite, dans laquelle comme on s'en souvient les données caractérisant la position des satellites sont simplement stockées à l'avance en mémoire de l'ordinateur, et pour laquelle on suppose que l'on positionne ainsi les sources primaires au bon endroit au bon moment, sans contrôle en temps réel. Dans la variante envisagée, chaque
30 cornet comporte plusieurs récepteurs, par exemple quatre récepteurs disposés en matrice carrée, et fournit des signaux de sortie correspondant à une somme

et à une différence des signaux reçus par les différents récepteurs. En début de poursuite d'un satellite donné, un cornet est positionné selon les données calculées par l'ordinateur 11. Puis l'analyse de l'évolution au cours du temps des signaux somme et différence permet de déterminer dans quelle direction le satellite se déplace et de le suivre en conséquence. Une remise à jour automatique des éphémérides mémorisés, en fonction des positions des satellites réellement observées, est éventuellement effectuée régulièrement par l'ordinateur hôte.

Dans une autre variante non représentée, dans laquelle l'utilisateur ne dispose pas d'un micro-ordinateur, le logiciel de suivi des satellites et la mémoire d'enregistrement des éphémérides sont intégrés dans un microprocesseur à mémoire, par exemple intégré dans un boîtier à placer sous un poste de TV, de la taille typique des décodeurs de TV cryptée traditionnels, et qui peut être confondu avec un modulateur / démodulateur adapté à des émissions cryptées. Une procédure de téléchargement des éphémérides à intervalles réguliers est alors prévue de façon automatique, sans intervention de l'utilisateur.

Il est à noter que dans toutes les variantes précédentes, si la bande de fonctionnement du système multimédia est la même que celles de la télévision directe par satellites, les deux sources peuvent être placées aux positions adaptées pour viser deux satellites géostationnaires : le même terminal-antenne sert alors alternativement à l'application multimédia, et à la réception des programmes diffusés par ces deux satellites, ces derniers peuvent être changés à volonté, en déplaçant les sources.

Dans encore une autre variante, un dispositif similaire à celui de l'invention est installé non plus au niveau du terminal sol, mais au niveau d'un satellite, par exemple satellite d'observation devant envoyer des images à quelques stations sol seulement dont la position peut être quelconque. Le principe de suivi des stations sol est analogue pour le satellite à celui de satellites défilant pour un terminal au sol. Dans cette application, la taille des stations sol peut être très nettement réduite (par exemple d'un facteur 10 si on

réalise un gain de 20 dB sur le signal reçu par l'antenne) par rapport aux antennes de réception classiques adaptées à des satellites émettant en faisceau large, donc avec une puissance reçue faible. Cette disposition peut également améliorer la confidentialité des données émises. Enfin, la simplicité de la solution, son faible coût (par rapport en particulier aux antennes actives à très nombreux éléments) et sa faible consommation électrique rendent sa mise en œuvre très favorable sur satellite.

La portée de la présente invention ne se limite pas aux détails des formes de réalisation ci-dessus considérées à titre d'exemple, mais s'étend au contraire aux modifications à la portée de l'homme de l'art.

Par exemple, dans une variante de réalisation des éléments optiques, la lentille focalisante et la lentille défectrice sont remplacées par une seule et même lentille, sous la forme d'une lentille sphérique focalisante fixe en matériau diélectrique, qui focalise les faisceaux hyperfréquences parallèles vers une sphère focale concentrique avec la lentille. Les sources de l'antenne peuvent être montées selon un dispositif mécanique décrit plus haut, et mobiles sur cette sphère focale. Ces sources sont, soit des cornets du genre considéré ci-dessus, soit des pavés imprimés du type dit "patches". Ces pavés peuvent de leur côté soit être uniques par source, soit groupés en de petits réseaux permettant de compenser d'éventuelles altérations du système focalisant. Cette variante à pavés, étant plus compacte, est particulièrement intéressante dans le cas de lentilles sphériques où l'espace pour déplacer les sources est plus réduit, d'autant plus que l'on cherche à limiter l'encombrement global du terminal-antenne

Il est également possible d'envisager un dispositif à trois sources, dont une est montée de façon fixe sur la lentille sphérique, en visée d'un satellite de l'arc géostationnaire. Une telle disposition permet, avec une seule antenne, soit les applications multimédia à haut débit d'information vers les satellites défilants (qui nécessitent deux sources mobiles), soit la réception d'images de télévision directe depuis un satellite géostationnaire (même s'il

utilise une autre bande de fréquences que le système multimédia), au choix de l'utilisateur, et sans délai de repositionnement des sources mobiles.

Dans une variante de montage mécanique de support des sources mobiles, représentée sur la figure 10, un arc semi-circulaire 70 est attaché en deux points diamétralement opposés, par exemple Est et Ouest, de la sphère focale. Une source 23 est mobile le long de cet arc faisant office de glissière par l'action d'un petit moteur électrique 71 attaché à la source. La deuxième source 24 est montée de façon identique sur un autre arc 72. Ce montage présente un avantage de compacité par rapport au montage décrit plus haut. Il est en outre plus adapté à l'obtention d'angles élevés d'éclairage de la lentille par les sources, ceci étant nécessaire dans le cas d'utilisation de lentille sphérique focalisante, sans usage de lentille défléctrice. L'une des sources émet et reçoit vers les satellites "nord", l'autre émet et reçoit vers les satellites "sud", ceci pour éviter les conflits de position des sources.

Dans une autre variante de connexion des amplificateurs montés avant les sources primaires, utilisant un montage mécanique des sources conforme à la figure 10, chaque arceau est un guide d'ondes, transportant donc le signal hyperfréquence, et un joint tournant classique est monté à l'articulation des arceaux. Cette disposition permet de réduire les pertes de signal et donc d'éloigner les amplificateurs des sources primaires.

Une autre variante de remplacement des câbles reliés aux sources primaires consiste à utiliser des fibres optiques pour assurer l'émission et/ou la réception des signaux. Ces fibres présentent un avantage de souplesse en suivant le déplacement de l'ensemble source et amplificateur. Le support peut lui-même être utilisé comme conducteur optique pour transmettre les informations de mouvement du moteur déplaçant la source primaire.

Le dispositif comporte alors une diode électro luminecente pour l'émission de lumière (sur une bande de quelques centaines de MHz) et une photodiode pour la réception de données optiques. Un miroir est monté au niveau du point d'attache des arceaux, pour la transmission de lumière vers le tube conducteur optique.

Le tube peut également servir à la transmission de courant électrique pour l'alimentation de la source primaire, de l'amplificateur et du moteur de déplacement, en comportant deux pistes conductrices espacées et en disposant des contacteurs au niveau de la source pour la réception de ce

5 courant électrique.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif antenne d'émission / réception de signaux radioélectriques de et vers au moins un système (2, 3) émetteur / récepteur distant évoluant dans l'espace visible par rapport à ladite antenne, comportant
- 5 une lentille focalisante (22) d'ondes quasi-planes émises par ledit émetteur / récepteur distant, ledit moyen ayant une sphère focale S, au moins une source primaire (23, 24) d'émission / réception des signaux sous forme de faisceaux d'ondes quasi-sphériques, mobile sur une portion de la sphère S ;
- caractérisée en ce qu'elle comporte en combinaison :
- 10 a) une lentille défectrice (21) des ondes quasi-planes émises ou reçues par l'émetteur / récepteur distant ;
- b) un moyen d'asservissement (10, 11) de la position de chaque source primaire d'émission / réception en relation avec la position connue d'un émetteur / récepteur distant.
- 15 2. Dispositif terminal-antenne d'émission / réception de signaux radioélectriques de et vers au moins deux systèmes (2, 3) émetteurs / récepteurs distants évoluant en des points différents de l'espace visible relativement audit terminal-antenne, caractérisé en ce qu'il comporte :
- a) un moyen de détermination de la position à un instant donné
- 20 desdits émetteurs / récepteurs distants en vue ;
- b) un moyen de choix d'un émetteur / récepteur distant ;
- c) une antenne (1) selon la revendication 1, comportant au moins deux sources primaires (23, 24) d'émission / réception ;
- d) un moyen (11) de pilotage des déplacements des sources
- 25 primaires d'émission / réception sur la sphère focale S adapté à éviter que les sources primaires ne viennent en collision ;
- e) un moyen (40) de commutation entre les sources primaires.
3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un moyen de récupération de données perdues pendant le
- 30 temps de commutation.

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les sources primaires (23, 24) d'émission / réception des signaux sous forme de faisceaux d'ondes quasi-sphériques prennent la forme d'antennes cornets mobiles sur une portion de la sphère focale S de la lentille focalisante (22) des ondes quasi-sphériques en ondes quasi-planes.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que chaque source primaire (23, 24) d'émission / réception est rendue mobile par l'action d'un couple de moteurs (34, 35, 36, 37) azimut / inclinaison.
- 10 6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'au moins une source primaire (23, 24) d'émission / réception comporte un module d'amplification (41, 46, 47) des signaux transmis et reçus.
- 15 7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la lentille focalisante (22) d'ondes quasi-planes en ondes quasi-sphériques est réalisée sous la forme d'une lentille convergente multifocale présentant un large domaine de balayage.
- 20 8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que le domaine de balayage est supérieur à 30° par rapport à l'axe de symétrie de révolution de la lentille focalisante par déplacement des sources primaires (23, 24) d'émission / réception d'ondes sur sa sphère focale S.
9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8, caractérisé en ce que la lentille focalisante (22) est réalisée sous la forme d'une lentille diélectrique convexe.
- 25 10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8, caractérisé en ce que la lentille focalisante (22) est réalisée sous la forme d'une lentille en guide d'ondes concave.
11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, caractérisé en ce que la lentille focalisante (22) est « zonée ».

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que la lentille défectrice (21) des ondes quasi-planes prend la forme d'une lentille dôme en diélectrique.

13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que la
5 lentille dôme (21) présente un profil moyen généralement hémisphérique.

14. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que la lentille dôme (21) présente des profils intérieurs et extérieurs généralement paraboliques, elliptiques ou hyperboliques.

15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 14,
10 caractérisé en ce qu'il comporte un moyen d'isolation du dispositif contre les conditions de l'environnement extérieur confondu avec la lentille défectrice (21).

16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, caractérisé en ce que la lentille défectrice (21) présente une épaisseur
15 croissante depuis son sommet jusqu'à sa base.

17. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, caractérisé en ce que l'une au moins des lentilles (21, 22) comporte une couche d'adaptation de type quart d'onde.

18. Dispositif selon la revendication 17, caractérisé en ce que la
20 couche d'adaptation se compose d'un diélectrique d'indice égal à la racine carrée de l'indice du diélectrique de la lentille.

19. Dispositif selon la revendication 17, caractérisé en ce que la couche d'adaptation présente une épaisseur égale au quart de la longueur d'onde utilisée, percée d'une pluralité de trous borgnes avec une densité de
25 perçages adaptée à créer un indice équivalent, égal à la racine carrée de l'indice du diélectrique de la lentille.

20. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 19, caractérisé en ce que les émetteurs / récepteurs distants sont des satellites d'une constellation, et que le moyen de détermination de la position à un
30 instant donné des satellites en vue comprend :

- une base de données des paramètres orbitaux de chaque satellite à un instant donné ;

- un moyen de mémorisation des paramètres terrestres de position du terminal antenne ;

5 - un logiciel de calcul de la position actuelle de chaque satellite à partir des paramètres d'orbite initiaux et du temps écoulé depuis l'instant initial ;

- un logiciel de comparaison de la position orbitale avec la zone angulaire visible depuis la position du terminal antenne;

10 - un moyen de remise à jour régulière de la base de données de paramètres orbitaux des émetteurs / récepteurs distants.

21. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 20, caractérisé en ce que les sources primaires (23, 24) d'émission / réception comportent des moyens de détection de l'écart de pointage par rapport au faisceau d'ondes reçues d'un émetteur / récepteur distant en déplacement.

15 22. Dispositif antenne d'émission / réception de signaux radioélectriques de vers au moins un système (2, 3) émetteur / récepteur distant évoluant dans l'espace visible par rapport à ladite antenne, comportant un ensemble optique focalisant fixe (22) d'ondes quasi-planes émises par ledit émetteur / récepteur distant, ledit moyen ayant une sphère focale S,

20 caractérisé en ce qu'il comporte en combinaison :

a) au moins une source primaire (23, 24) d'émission / réception des signaux sous forme de faisceaux d'ondes quasi-sphériques, mobile sur une portion de la sphère S ;

25 b) un moyen d'asservissement (10, 11) de la position de chaque source primaire d'émission / réception en relation avec la position connue d'un émetteur / récepteur distant ;

c) des moyens de commutation entre les sources primaires.

23. Dispositif antenne selon la revendication 22, caractérisé en ce que l'ensemble optique focalisant est constitué par une lentille sphérique, en ce
30 que le dispositif comporte en outre au moins une source primaire fixée à la

lentille sphérique en visée d'un système émetteur/récepteur distant fixe dans l'espace visible par rapport à ladite antenne.

2/4

FIG. 3

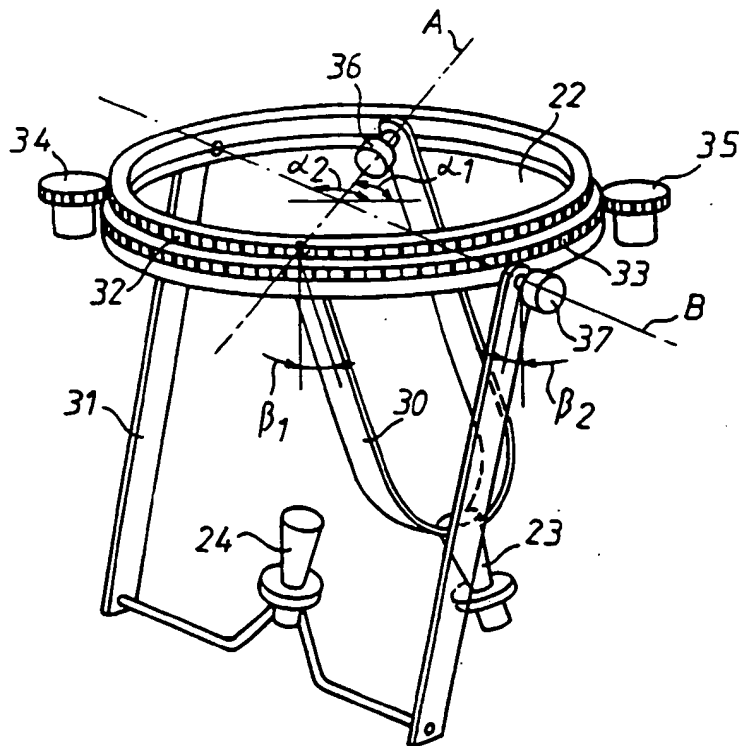


FIG. 4

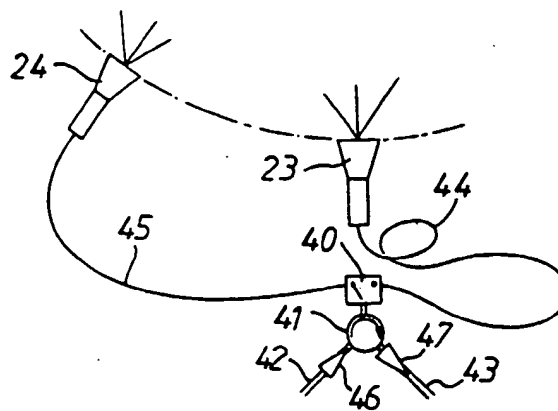
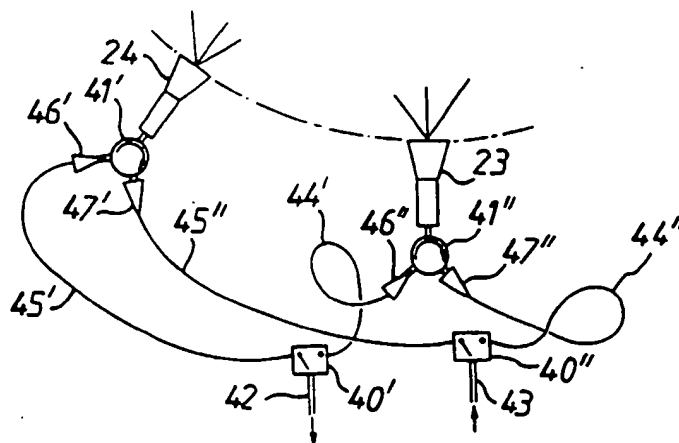


FIG. 5



3/4

FIG. 6

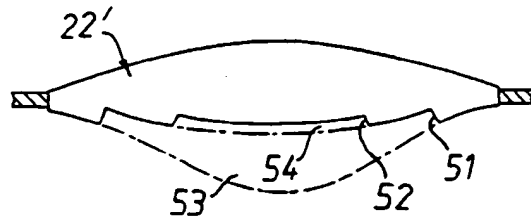


FIG. 7

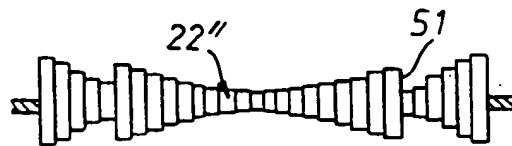


FIG. 8

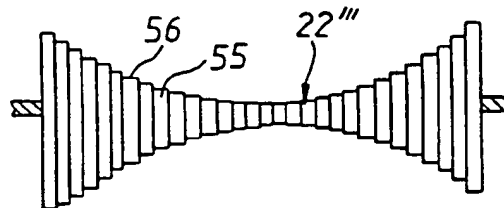
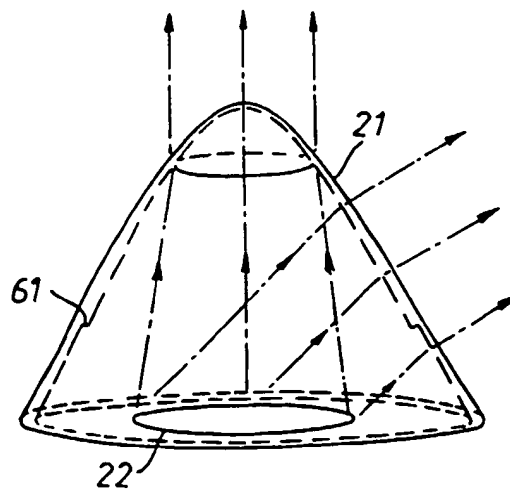
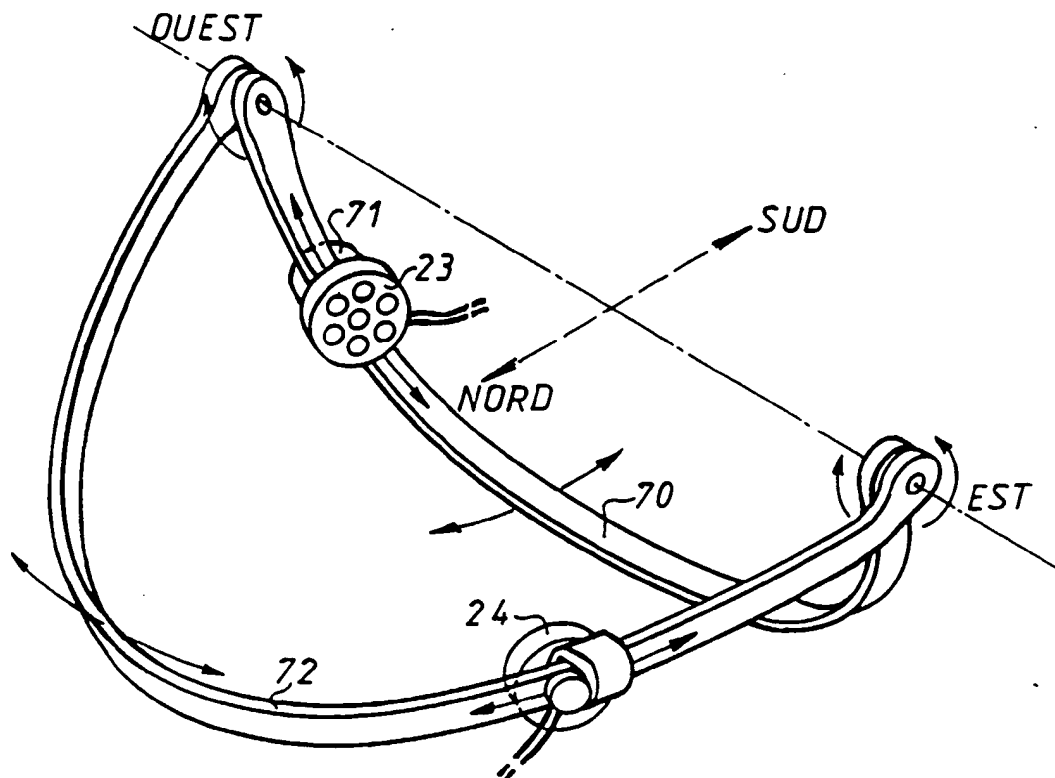


FIG. 9



4/4

FIG. 10



REPUBLIQUE FRANÇAISE

**INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE**

RAPPORT DE RECHERCHE PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 547723
FR 9709900

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
D,A	WO 88 09066 A (BRITISH BROADCASTING) * page 6, ligne 24 - page 8, ligne 3; figure 5 *	1-23
A	--- EP 0 707 356 A (TOVARISCHESTVO S OGRANICHENNOI) * abrégé; figure 1 *	1,2,22
A	--- EP 0 579 407 A (GENERAL INSTRUMENT) * abrégé; figures 1-3 * -----	1,2,22
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.8)
		H01Q
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
14 janvier 1998		Angrabeit, F
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non écrite P : document intermédiaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		